

国内ブロードバンドトラフィックの動向

An Analysis of Residential Broadband Traffic in Japan

福田健介 長 健二郎 江崎 浩 加藤 朗

Abstract

本稿では、国内 ISP6 社、研究者並びに総務省によって 2004 年から継続的に行われている、国内ブロードバンドトラフィック測定・解析の結果を元に、現在の我が国のブロードバンドインターネットトラフィック状況について概説する。

キーワード：ブロードバンドインターネット，トラフィック測定・解析

1. 背景

我が国はブロードバンドインターネット大国の一つといわれているが、どの程度の普及が進んでいるか御存じであろうか。図 1 は総務省が定期的に公表している国内ブロードバンド加入者の推移をプロットしたものである⁽¹⁾。これを見ると、国内のブロードバンド利用は 2002 年ごろから (A)DSL の普及とともに始まり、それから 2 年ほど遅れて FTTH (光ファイバ) 加入者が増加しており、全体として見ても依然増加傾向にあることが分かる。また、2006 年ごろから DSL 加入者数は減少に転じ、2008 年には DSL と FTTH の加入者の数が逆転している。実際、我が国の普及状況と他国とが大きく異なる点は、FTTH の高普及度であるといわれている。また、日本の世帯数は 4,900 万程度(平成 17 年)であることから、60% 近くの家庭にブロードバンドインターネットが普及していると推定される。

2. 測定・解析データ

ブロードバンドインターネットの普及状況は公表されていたものの、実際のトラフィック量やマクロな挙動に関

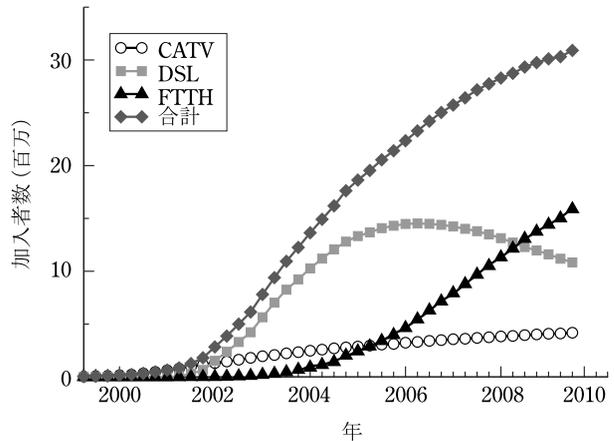


図 1 国内ブロードバンドサービス加入者の推移

してはほとんど知られていなかった。そのため、2004 年 9 月より国内 ISP6 社 (IIJ, NTT コミュニケーションズ, ケイ・オプティコム, KDDI (旧パワードコムを含む), ソフトバンク BB, ソフトバンクテレコム), 研究者及び総務省の協力によりデータ測定・解析(現在は 2 種類)を行っている。

一つ目は、ISP6 社の対象となるすべてのルータインタフェースの 2 時間単位のバイトカウンタデータであり、SNMP を用いて年 2 回(5 月, 11 月)一か月間測定している。しかしながら、このバイトカウンタ値を単純に加算するだけでは、トラフィック状況を理解することは困難である。そのために、トラフィックの方向 (ISP 内への流入 / ISP からの流出) 及びトラフィックカテゴリーへの分類が必要となる。トラフィックカテゴリーとしては、(A1)ブロードバンドカスタマトラフィック, (A2) その他カスタマトラフィック, (B1)国内主要 IX トラフィック (JPIX, JPNAP, NSPIX), (B2)その他国内トラフィック, (B3)国際トラフィックの大きな分類を採用している。

福田健介 正員 国立情報学研究所アーキテクチャ科学研究系
E-mail kensuke@nii.ac.jp
長 健二郎 (株)インターネットイニシアティブ III 技術研究所
江崎 浩 正員: シニア会員 東京大学大学院情報理工学系研究科電子情報学専攻
加藤 朗 正員 慶應義塾大学大学院メディアデザイン研究科
Kensuke FUKUDA, Member (Information Systems Architecture Research Division, National Institute of Informatics, Tokyo, 101-8430 Japan), Kenjiro CHO, Nonmember (IIJ Research Laboratory, Internet Initiative Japan Inc., Tokyo, 101-0051 Japan), Hiroshi ESAKI, Senior Member (Graduate School of Information Science and Technology, The University of Tokyo, Tokyo, 101-8430 Japan), and Akira KATO, Member (Graduate School of Media Design, Keio University, Yokohama-shi, 223-8526 Japan).
電子情報通信学会誌 Vol.93 No.4 p.276-279 2010 年 4 月
©電子情報通信学会 2010

これらのカテゴリー、方向の仕分けは各 ISP のオペレータの方々をお願いしているが、インタフェースの収容替え等もあり、毎回、オペレータの方々には大変な苦勞をおかけしている。ISP6 社より提供されたトラフィックデータを集計することで、各社固有のデータではなく、それらを加算した国内トラフィック量が得られ(トラフィックシェア約 40%)、そのデータが年 2 回総務省より公表されている⁽²⁾。

もう一つのデータは、ISP の一つで継続的に測定されている sampled netflow データである^{(3),(4)}。バイトカウンタデータはトラフィックの量に関する情報のみしか知ることができないが、sampled netflow では、単位時間当りのフロー (src IP, dst IP, src port, dst port, proto) に関する情報が収集可能であり、より細かいユーザの挙動を知ることができる。

3. ブロードバンドトラフィックの状況

現状の説明の前に、比較のためにブロードバンド時代以前のトラフィック傾向について説明する。図 2 は、1999 年 5 月に IX の一つで観測された週間トラフィックであるが、平日の昼ごろに小さなピーク、23:00~25:00 に大きなピークが観測されている。これは、当時の家庭向けネットワークサービスが、ISDN による完全従量課金若しくは夜間(23~8時)のみの定額制であったことに影響を受けている。

それに対して、現在では低額の完全定額制ブロードバンドサービスが一般的である。図 3 はバイトカウンタデータに基づく、2009 年 5 月のブロードバンドカスタマ週間トラフィック(6 社合計分、以下同様)である。in/out は ISP から見た方向であり、in (赤) は加入者からのアップロード、out (緑) は加入者へのダウンロードである。両者を比較すると out の方が 1.4 倍程度大きく

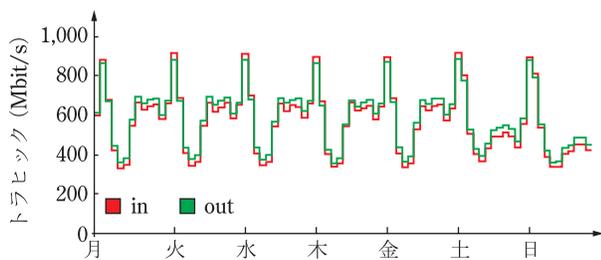


図 2 IX トラフィック(1999 年 5 月)

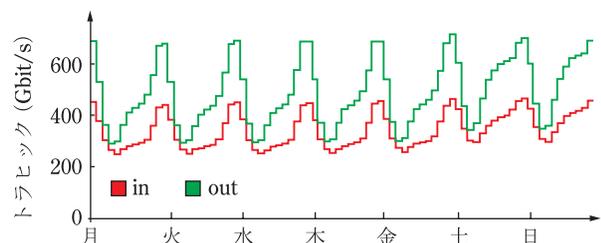


図 3 ブロードバンドカスタマトラフィック(2009 年 5 月)

なっている。このグラフの特徴的な点は、①ピーク時間は 21:00~23:00、②週末の昼間に大きなアクティビティがある点である。これらの特徴は、家庭のユーザがネットワークを使いたいときに利用することが可能になり、ブロードバンドネットワークの利用が我々のライフスタイルの一部として確立していることを示唆している。

さて、ブロードバンド以前と以後ではトラフィック傾向が変わっていることは分かったが、今もなお傾向は変化しているのだろうか? 図 4 は 2005~2009 年にわたる週間ブロードバンドカスタマトラフィックをプロットしたものである。これを見ると、ピークは 21:00~23:00 であるものの、段々と早い時間にトラフィックがシフトしていることが読み取れ、ネットワークの利用ピークが夜中というのは過去の傾向であることが分かる。また、一日のトラフィックのうちピークとボトムに着目すると、かなりの部分が日々の生活パターンに依存せずコンスタントに流れている。これは、24 時間常にデータを送受信しているホストが存在することを示しているが、この割合は観測当初(2005 年)で 60%程度であったのに対して、直近(2009 年)では 45%程度に減少しており、その影響が下がっていることが分かる。

次に、ISP 側から見た主要インターネットエクスチェンジ (IX ; JPIX, JPNAP, NSPIX) 向けトラフィック並

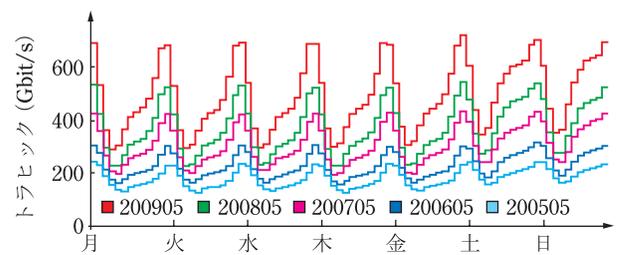
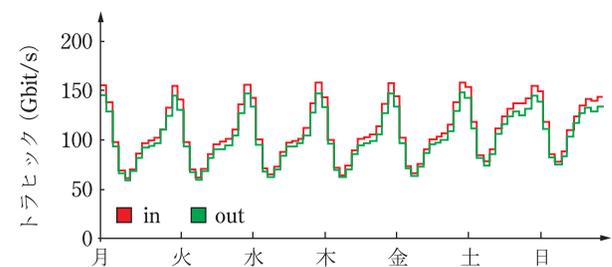
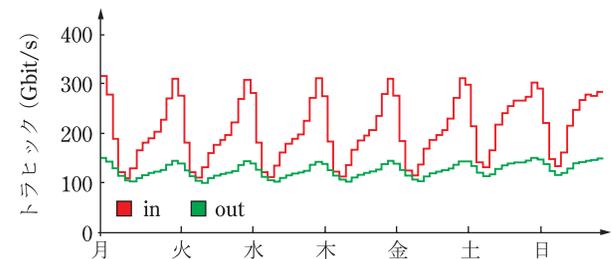


図 4 2005-2009 ブロードバンドカスタマトラフィック(out)

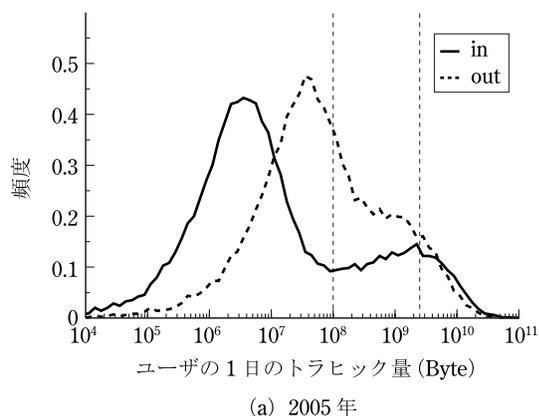


(a) IX 向けトラフィック

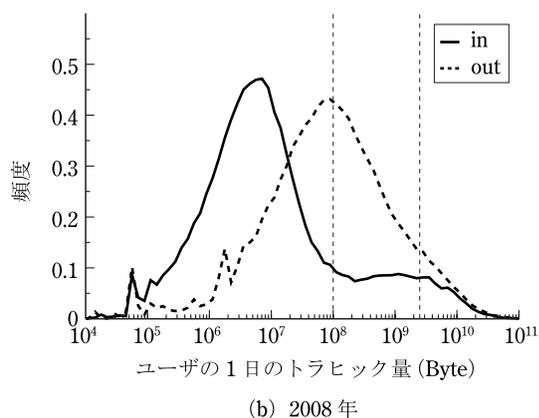


(b) 国際トラフィック

図 5 IX 向けトラフィック及び国際トラフィック(2009 年 5 月)



(a) 2005年



(b) 2008年

図6 ユーザ単位の1日のトラフィック使用量

びに国際トラフィックを図5に示す。国内トラフィックはほぼinとoutが対称となるものの、国際トラフィックにはかなり強い非対称性が存在する。また、国内トラフィックの伸びが30%程度であるのに対して、国際トラフィックの伸びは100%と大きく異なることが報告されている^{(2),(4)}。

以下では、sampled netflowを用いたユーザーベースのよりミクロなトラフィック挙動について説明する⁽⁴⁾。図6は加入者単位で見た、一日の送受信トラフィック量の分布である。横軸はログスケールであり非常に幅の広い分布となっている。inとoutのピーク(モード)は2005年では5MByte, 50MByte, 2008年では9MByte, 100MByteであり、inとoutの比は10倍程度である。興味深い点は2005年の時点ではピークが双峰(もう一つのピークは2.5GByte付近)であることである。この二つのピークに対応するユーザーの挙動として、二つの種類のユーザーが存在すると考えるのが自然であろう。前者は主としてクラ

イアント・サーバ型の通信を行っているユーザー(クライアント型)、後者は主としてピアツーピア(P2P)型の通信を行っているユーザー(ピア型)と考えられる。2008年には相対的にピア型の割合が減っているように見えるのに対して、クライアント型ユーザーのモードは2倍近く増えており、多数のユーザーの使用トラフィック量が着々と延びている。しかしながら、総トラフィックとして見た場合には、分布が幅の広い分布(対数正規分布)であることから分かるように、ピア型のユーザーの寄与が依然として支配的である。また、トラフィック使用量に現れる対数正規分布は、経済分野(所得や会社規模の分布)でも広く観測されており、その生成モデルとして乗法モデル(multiplicative model)が知られている。このモデルは、初期ランダム状態の個々のユーザートラフィックが年率 n 倍で増加することのみを仮定しており、トラフィックの増加が実際に乗法的であることからしても親和性が高いモデルとなっている⁽⁴⁾。

同様に、表1は全体、クライアント型、ピア型ユーザートラフィックのポート使用状況を表したものである。2005年にはhttpトラフィックは全体で9.32%であり、ダイナミックポートの使用が80%以上となっている。このダイナミックポートの多くの部分はP2Pアプリケーションによるものと考えられる。更に、タイプ別に比べてみると、クライアント型では約半数はhttpであるのに対して、ピア型では5%程度と小さな値となっており、ユーザータイプによって主要アプリケーションが異なることが分かる。更に、2008年のデータでは、全体的にもhttpトラフィックが増加しており、同様にrtspトラフィックも増加傾向にある。これらは主として動画閲覧に起因するトラフィックであり、動画配信がインターネットトラフィックの一定の割合を占め始めていることを表している。しかしながら、依然として、全体のトラフィックのうち78%はダイナミックポートが使われており、トラフィックの主要部分はP2Pアプリケーションであることを示唆している。

さて、以上述べたように、ユーザーごとのトラフィック使用量について大きな偏りがあることが分かったが、トラフィック使用量上位のユーザーはネットワーク資源全体のうちの程度に関与しているのだろうか。その答えが図7である。図中の水平軸はヘビーユーザーの累積確率、垂直軸はトラフィックの累積確率である。両軸とも累積である

表1 TCPポート内訳(%) (抜粋)

ポート番号	2005年			2008年		
	全体	クライアント型	ピア型	全体	クライアント型	ピア型
80 (http)	9.32	50.78	5.54	14.06	64.96	8.26
554 (rtsp)	0.38	2.44	0.19	1.36	8.21	0.58
443 (https)	0.30	1.45	0.19	0.58	1.63	0.46
20 (ftp)	0.93	1.25	0.90	0.24	0.17	0.25
≥1024	83.44	36.00	89.00	78.02	19.35	84.71

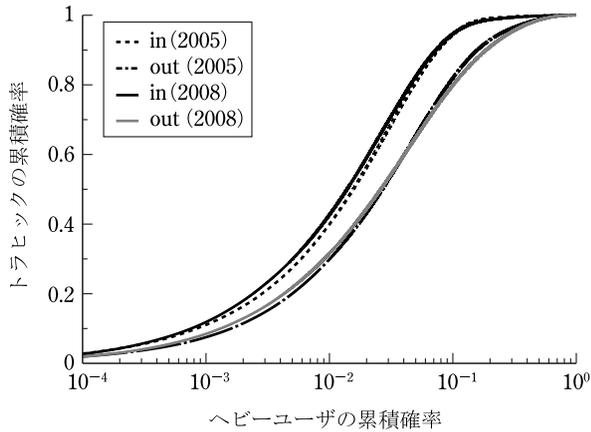


図7 ヘビーユーザのトラフィック総量への寄与

ため、1.0がすべてのデータを包含し、例えば0.1は上位10%のユーザ/トラフィックを表す。つまり、図中のプロットは、 $X(\%)$ のユーザが $Y(\%)$ のトラフィックに寄与するかを示している。in(ユーザから見たアップロード)とout(ユーザから見たダウンロード)ではプロットにずれがあるものの、その挙動は似たものとなっている。上位4%のユーザに着目すると、75%(in)及び60%(out)のトラフィック量に寄与しており、上位10%では80~90%のトラフィック量に対応する。予想されたように、ユーザ単位のトラフィック使用量には大きな偏りがある。また、2005年と2008年ではプロットにほとんど変化が見られないことから、先に述べたように、トラフィック使用量においては、ダイナミックポートを使用するヘビーユーザの寄与が依然支配的となっている。

4. ま と め

本稿では、国内ブロードバンドトラフィックの測定・解析結果について概説したが、トラフィックの性質は、アクセスラインの変化、新しいアプリケーションの普及、課金システム等のいろいろな要素に影響されており、「これが平均的な振舞いである」と言い切ることが難しいことが分かる。諸外国のデータとして、フランスでの2004年のデータではADSLトラフィックの60%程度がP2Pアプリケーションとの指摘があるが⁽⁵⁾、最近のヨーロッパのISPでの観測では、httpが60%弱で支配的という我々のデータとは異なるデータも報告されている⁽⁶⁾。同様に、韓国では国際トラフィックのin/outはほぼ対称であるとの指摘もある。このように地理的・時間的に変化しているトラフィックの未来を予測することは困難であるが、継続的に広範なデータ収集により、その変化を定量的にとらえていくことが今後のネットワーク管理・設計に対して重要であることはいうまでもない。我々が行っているような国レベルでの取組みは他国ではなされておらず、国内のみならず海外においても大変貴重なデータとなっ

ている。また、我々の試みは有線ブロードバンドネットワークに関するもののみであるが、今後は大規模な無線系ネットワークのトラフィック測定・解析の重要性もまた大きくなっていくと考えられる。

謝辞 協力ISP6社(III, NTTコミュニケーションズ, ケイ・オプティコム, KDDI, ソフトバンクBB, ソフトバンクテレコム)及び総務省データ通信課の継続的なサポートに感謝します。

文 献

- (1) 総務省,ブロードバンドサービスの契約者数(平成21年6月末), 2009.
- (2) 総務省,我が国のインターネットトラフィックの集計・試算(平成21年5月), 2009.
- (3) K. Cho, K. Fukuda, H. Esaki, and A. Kato, "The impact and implications of the growth in residential user-to-user traffic," in ACM SIGCOMM '06, pp.207-218, Pisa, Italy, 2006.
- (4) K. Cho, K. Fukuda, H. Esaki, and A. Kato, "Observing slow crustal movement in residential user traffic," in ACM CoNEXT '08, p.12, Madrid, Spain, 2008.
- (5) L. Plissonneau, J.-L. Costeux, and P. Brown, "Analysis of peer-to-peer traffic on ADSL," in PAM 2005 (LNCS3431), pp.69-82, Boston, MA, 2005.
- (6) G.Maier, A.Feldmann, V.Paxson, and M.Allman, "On dominant characteristics of residential broadband internet traffic," in IMC' 09, pp.90-101, Chicago, IL, 2009.

(平成21年11月29日受付 平成21年12月21日最終受付)



福田 健介 (正員)

平11慶大大学院理工学研究科計算機科学専攻後期博士課程了。平11-17日本電信電話株式会社。平14ボストン大訪問研究員。平18から国立情報学研究所アーキテクチャ科学系准教授。平20からJST さきがけ研究員(兼任)。インターネットトラフィック測定・解析に関する研究に従事。



長 健二郎

(株)インターネットイニシアティブ技術研究所副所長,北陸先端大客員教授。平5コーネル大コンピュータサイエンス学科修士課程了。キヤノン(株),(株)ソニーコンピュータサイエンス研究所を経て,平16から(株)インターネットイニシアティブ勤務。インターネットのトラフィック計測と管理,オペレーティングシステムのネットワーク機能の研究に従事。博士(政策・メディア)。



江崎 浩 (正員:シニア会員)

昭62九大大学院工学研究科電子工学専攻修士課程了。同年(株)東芝入社。平2米国ニュージャージー州ベルコア社。平6コロンビア大客員研究員。平10東大大型計算機センター助教授。平13同大学院情報理工学系研究科助教授。平17同研究科教授,現在に至る。工博(東大)。MPLS-JAPAN代表,IPv6普及・高度化推進協議会専務理事,JPNIC理事,ISOC理事。



加藤 朗 (正員)

平2東工大大学院理工学研究科情報工学専攻博士後期課程単位取得退学。平2-5慶大・環境情報・助手。平5-14東大大型計算機センター助手。平14-20東大情報基盤センター助教授。平20から慶大大学院メディアデザイン研究科教授。インターネットの経路制御,運用技術,DNSなどの研究に従事。博士(政策・メディア)。